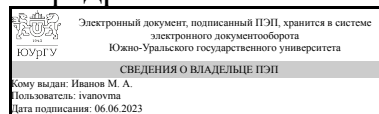


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



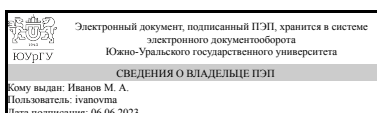
М. А. Иванов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.П0.05.02 Физико-химические и металлургические процессы при сварке  
**для направления** 15.03.01 Машиностроение  
**уровень** Бакалавриат  
**профиль подготовки** Роботизация и инжиниринг сварочного производства  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Оборудование и технология сварочного производства

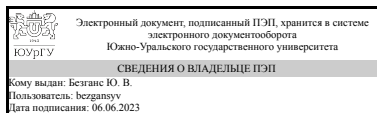
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 727

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



М. А. Иванов

Разработчик программы,  
старший преподаватель



Ю. В. Безганов

## 1. Цели и задачи дисциплины

1. Цель и задачи дисциплины Цель изучения дисциплины: овладеть навыками использования закономерностей физико-химических, тепловых, металлургических и термо-деформационных процессов, составляющих основу сварочной технологии. Задачи изучения дисциплины: 5) изучить основы физической химии и металлургии сварки, 6) изучить процессы формирования термических деформаций и напряжений, 7) изучить основы технологической прочности сварки, 8) изучить основы свариваемости различных сталей и металлов.

## Краткое содержание дисциплины

Сварка является сложным процессом ввиду многообразия способов ее реализации, основанных на использовании различных физических явлений. Сварке подвергаются практически любые металлы и неметаллы (пластмассы, керамика, стекло и др.). Теория сварочных процессов призвана дать правильное описание совокупности явлений, которые составляют сущность сварки. Изучение дисциплины включает рассмотрение физических, механических и химических явлений, происходящих при образовании сварного соединения. В большинстве случаев это явления, связанные с преобразованием различных видов энергии в тепловую. Важным вопросом дисциплины является оценка технологических особенностей источников тепла, используемых для сварки: электрической энергии, энергии горения газов, лучевой энергии, механической, а также их сочетания. Важным разделом дисциплины являются закономерности распространения тепла в изделии, которые подчиняются законам теплопроводности. Изучение температурных процессов в металле шва и вблизи него необходимо, главным образом, по двум причинам: для количественного описания многочисленных реакций, которые идут между жидким металлом и шлаком или газом, а также для определения условий кристаллизации металла, различных структурных превращений и термодиформационных процессов в металлах. Закономерности формирования химического состава металла шва изложены в разделах, посвященных физико-химическим и металлургическим процессам при сварке. Для многих легированных сталей и сплавов фаза формирования сварного соединения предопределяет их механические свойства. Сварочные процессы вследствие передачи теплоты по механизму теплопроводности характеризуются высокими скоростями нагрева и охлаждения металла, которые часто невозможно организовать при иных технологиях обработки металла. Образование сварного соединения сопровождается пластическими деформациями металла и возникновением собственных напряжений, влияющим на свойства соединения и изделия в целом. Указанные вопросы изучаются в разделах, посвященных термодиформационным процессам и превращениям в металлах при сварке.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Техническая подготовка и контроль сварочного производства, его обеспечение и	Умеет: Выполнять расчеты и определять оптимальные технологические режимы и

<p>нормирование</p>	<p>параметры сварки конструкций (изделий, продукции) любой сложности. Определять технологичность сварной конструкции любой сложности, доступность и последовательность выполнения сварных швов, включая доступность для выполнения осмотра и неразрушающего контроля.</p> <p>Имеет практический опыт: Анализ причин появления брака и проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества сварной конструкции (изделий, продукции)</p> <p>Проведение мероприятий по повышению производительности труда, рациональному расходованию материалов, снижению трудоемкости изготовления сварной продукции</p> <p>Анализ причин появления брака и проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества сварной конструкции (изделий, продукции). Проведение мероприятий по повышению производительности труда, рациональному расходованию материалов, снижению трудоемкости изготовления сварной продукции. Проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой сварной конструкции (изделий, продукции).</p>
---------------------	---

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
<p>Автоматизированные системы в сварке,            Основы плавления и затвердевания металлов,            Источники энергии и тепловые процессы при сварке,            Роботизированные комплексы в сварочном производстве,            Газопламенная обработка металлов,            Термическая резка металлов,            Введение в направление подготовки,            Основы промышленной безопасности сварных металлоконструкций,            Теоретические основы диагностики и надежности,            Технические средства контроля сварных конструкций,            Нормативная документация в сварочном производстве,            Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) (2 семестр),            Учебная практика (ознакомительная) (1 семестр)</p>	<p>Сварка пластмасс,            Неразрушающий контроль в сварочном производстве,            Техническая диагностика сварных строительных конструкций,            Технология и оборудование сварки плавлением,            Проектирование сварных конструкций,            Сварка полимерных материалов,            Сварка в строительстве,            Конструирование и расчет сварных сооружений,            Контроль качества сварных соединений,            Основы проектирования,            Производство сварных конструкций,            Производственная практика (технологическая, проектно-технологическая) (6 семестр),            Производственная практика (преддипломная) (8 семестр)</p>

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Основы промышленной безопасности сварных металлоконструкций	Знает: Требования научно-технической документации в области промышленной безопасности Умеет: Работать с нормативно-технической документацией по объектам промышленной безопасности Имеет практический опыт: Анализа конструкторской и производственно-технологической документации на соответствие техническим заданиям и нормативным документам
Автоматизированные системы в сварке	Знает: Нормативы расхода свариваемых и сварочных материалов, инструмента, электроэнергии Умеет: Определять эффективность изготовления сварной конструкции любой сложности Имеет практический опыт: Проведения мероприятий по предупреждению брака и повышению качества сварной конструкции
Теоретические основы диагностики и надежности	Знает: Требования научно-технической документации в области охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности Умеет: Анализировать информацию о рекламациях на выпускаемые сварные конструкции (изделия, продукцию) Имеет практический опыт: Верификация исполнительной документации испытательных лабораторий (лабораторий неразрушающего контроля, лабораторий разрушающих испытаний) по контролю качества сварных конструкций (изделий, продукции)
Нормативная документация в сварочном производстве	Знает: Требования научно-технической документации в области промышленной безопасности Умеет: Работать с нормативно-технической документацией по объектам промышленной безопасности Имеет практический опыт: Анализа конструкторской и производственно-технологической документации на соответствие техническим заданиям и нормативным документам
Источники энергии и тепловые процессы при сварке	Знает: Технологические процессы сварки Умеет: Выполнять расчеты и определять оптимальные технологические режимы и параметры сварки конструкций (изделий, продукции) любой сложности. Определять технологичность сварной конструкции любой сложности, доступность и последовательность выполнения сварных швов, включая доступность для выполнения осмотра и неразрушающего контроля. Имеет практический опыт: Анализ причин появления брака и проведение мероприятий по предупреждению брака и

	<p>повышению качества сварной конструкции (изделий, продукции)Проведение мероприятий по повышению производительности труда, рациональному расходованию материалов, снижению трудоемкости изготовления сварной продукцииАнализ причин появления брака и проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества сварной конструкции (изделий, продукции).Проведение мероприятий по повышению производительности труда, рациональному расходованию материалов, снижению трудоемкости изготовления сварной продукции. Проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой сварной конструкции (изделий, продукции).</p>
Термическая резка металлов	<p>Знает: Порядок и методы планирования технической и технологической подготовки производства и выполнения сварочных работ Умеет: Определять возможность, технологичность, доступность и последовательность выполнения термической резки. Имеет практический опыт: Определения необходимого оборудования и режимов резки для производства (изготовления, монтажа, ремонта, реконструкции) сварной конструкции (изделий, продукции) любой сложности</p>
Роботизированные комплексы в сварочном производстве	<p>Знает: Технологию производства сварных конструкций Умеет: Определять технологичность сварной конструкции любой сложности, последовательность выполнения сварных швов Имеет практический опыт: Проведения мероприятий по автоматизации (роботизации) технологии изготовления сварной продукции</p>
Технические средства контроля сварных конструкций	<p>Знает: Требования научно-технической документации в области охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности Умеет: Анализировать информацию о рекламациях на выпускаемые сварные конструкции (изделия, продукцию) Имеет практический опыт: Верификация исполнительной документации испытательных лабораторий (лабораторий неразрушающего контроля, лабораторий разрушающих испытаний) по контролю качества сварных конструкций (изделий, продукции)</p>
Газопламенная обработка металлов	<p>Знает: Порядок и методы планирования технической и технологической подготовки производства и выполнения сварочных работ Умеет: Определять возможность, технологичность, доступность и последовательность выполнения термической резки Имеет практический опыт: Определения необходимого оборудования и режимов резки для производства (изготовления, монтажа,</p>

	ремонта, реконструкции) сварной конструкции (изделий, продукции) любой сложности
Основы плавления и затвердевания металлов	Знает: термодинамические и физико-химические процессы, протекающие при плавлении и кристаллизации расплавов Умеет: применять физико-математический аппарат для решения задач, возникающих при плавлении и кристаллизации расплавов Имеет практический опыт: моделирования процессов переноса тепла и массы при плавлении и отвердевании металлов
Введение в направление подготовки	Знает: Типы сварных соединений, способу сварки, сварочное и вспомогательное оборудование Умеет: Определять тип сварочного и вспомогательного оборудования для поставленной задачи Имеет практический опыт: По выполнению сварочных операций различными способами сварки
Учебная практика (ознакомительная) (1 семестр)	Знает: Технологические процессы сварки, сварочное и вспомогательное оборудование Умеет: Производить подбор сварочного и вспомогательного оборудования Имеет практический опыт: Проведение работ по освоению новых технологических процессов и внедрению их в производство
Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) (2 семестр)	Знает: Умеет: Имеет практический опыт: Работы на промышленном оборудовании в сфере сварочного производства

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 58,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	85,5	85,5	
Подготовка к экзамену	45	45	
Изучение тем и проблем, не выносимых на лекции и практические занятия	40,5	40,5	
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-		экзамен

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Физико-химические процессы при сварке	12	8	4	0
2	Металлургические процессы при сварке	8	8	0	0
3	Термодеформационные процессы при сварке	10	6	4	0
4	Технологическая прочность сварных соединений	8	4	4	0
5	Свариваемость металлов	10	6	4	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Приложение первого начала термодинамики к химическим процессам. Техническая термодинамика.	2
2	1	Химическая термодинамика. Закон Гесса	2
3	1	Второе начало термодинамики. Химическом равновесие, влияние давления и температуры на положение химического равновесия.	2
4	1	Явления в жидких средах и на поверхностях раздела фаз. О химическом сродстве элементов к кислороду	2
5	2	Газовая фаза в зоне сварки плавлением. Влияние кислорода, азота, водорода, окиси углерода на свойства стали.	2
6	2	Свойства шлаков, главные системы сварочных шлаков.	2
7	2	Окисление металлов при сварке . Раскисление металла сварочной ванны	2
8	2	Взаимодействие металла с газами и шлаками при сварке. Рафинирование, легирование, модифицирование металла шва.	2
9	3	Сварочные напряжения и деформации. Основне понятия.	2
10	3	Характерные поля сварочных напряжений и деформаций для разных видов сварных соединений.	2
11	3	Методы снижения остаточных напряжений и деформаций	2
12	4	Трещины при сварке и их классификация. Природа образования горячих трещин Деформационная способность металла в ТИХ	2
13	4	Причины возникновения холодных трещин. Пути повышения технологической прочности сварных соединений.	2
14	5	Свариваемость углеродистых конструкционных сталей	2
15	5	Свариваемость легированных сталей	2
16	5	Свариваемость высоколегированных сталей.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Равновесие в гомогенных системах. Кинетика гомогенных процессов.	2
2	1	Равновесие в гетерогенных системах. Кинетика гетерогенных процессов	2
3	3	Экспериментальные методы определения сварочных деформаций и напряжений	2
4	3	Влияние режимных параметров сварки на термо-деформационное состояние изделия.	2

5	4	Методика оценки склонности металла шва к образованию горячих трещин	2
6	4	Методики оценки склонности сварного соединения к образованию холодных трещин.	2
7	5	Оценка свариваемости низко- и среднелегированных сталей	2
8	5	Оценка свариваемости высоколегированных сталей.	2

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	Из списка литературы	4	45
Изучение тем и проблем, не выносимых на лекции и практические занятия	Из списка литературы	4	40,5

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	4	Текущий контроль	Ответы на контрольные вопросы к разделу 1	1	8	Студенту задаются 4 вопроса по каждому разделу дисциплины. Время, отведённое на ответ по каждому вопросу – 10 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует двум баллам. Частично правильный ответ на вопрос соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	экзамен
2	4	Текущий контроль	Ответы на контрольные вопросы к разделу 2	1	8	Студенту задаются 4 вопроса по каждому разделу дисциплины. Время, отведённое на ответ по каждому вопросу – 10 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует двум баллам. Частично правильный ответ на вопрос соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	экзамен
3	4	Текущий контроль	Ответы на контрольные вопросы к разделу 3	1	8	Студенту задаются 4 вопроса по каждому разделу дисциплины. Время, отведённое на ответ по каждому вопросу – 10 минут. Правильный ответ	экзамен



						на вопрос соответствует двум баллам. Частично правильный ответ на вопрос соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	
4	4	Текущий контроль	Ответы на контрольные вопросы к разделу	1	8	Студенту задаются 4 вопроса по каждому разделу дисциплины. Время, отведённое на ответ по каждому вопросу – 10 минут. Правильный ответ на вопрос соответствует двум баллам. Частично правильный ответ на вопрос соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	экзамен
5	4	Бонус	Бонусное задание	-	15	Студент представляет копии документов, подтверждающие победу или участие в предметных олимпиадах по темам дисциплины При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Максимально возможная величина бонус-рейтинга +15 %.	экзамен
6	4	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	4	На экзамене студент получает билет с двумя вопросами из разных разделов курса. Правильный ответ на вопрос соответствует двум баллам. Частично правильный ответ на вопрос соответствует 1 баллу. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	На экзамене студент получает билет с двумя вопросами из разных разделов курса. На подготовку отводится два часа. Ответ на билет дается в письменном виде.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ПК-2	Умеет: Выполнять расчеты и определять оптимальные технологические режимы и параметры сварки конструкций (изделий, продукции) любой сложности. Определять технологичность сварной конструкции любой сложности, доступность и последовательность выполнения сварных швов, включая доступность для выполнения осмотра и неразрушающего контроля.	+	+	+	+	+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: Анализ причин появления брака и проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества сварной конструкции (изделий, продукции) Проведение мероприятий по повышению производительности труда, рациональному расходованию	+	+	+	+	+	+

материалов, снижению трудоемкости изготовления сварной продукции Анализ причин появления брака и проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества сварной конструкции (изделий, продукции). Проведение мероприятий по повышению производительности труда, рациональному расходованию материалов, снижению трудоемкости изготовления сварной продукции. Проведение мероприятий по предупреждению брака и повышению качества выпускаемой сварной конструкции (изделий, продукции).									
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### *а) основная литература:*

1. Багрянский, К. В. Теория сварочных процессов Учеб. для студентов специальностей вузов 2-е изд., перераб. - Киев: Вища школа, 1976. - 423 с. ил.
2. Волченко, В. Н. Теория сварочных процессов Учеб. для спец."Оборуд. и технология свароч. пр-ва" Под ред. В. В. Фролова. - М.: Высшая школа, 1988. - 559 с. ил.
3. Попков, А. М. Теория сварочных процессов Текст метод. указания по выполнению лаб. работ и домашних заданий А. М. Попков, В. А. Стихин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Оборудование и технология свароч. пр-ва ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 28, [2] с. ил.

#### *б) дополнительная литература:*

1. Попков, А. М. Металлография сварных соединений Учеб. пособие А. М. Попков; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Оборудование и технология свароч. пр-ва; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Оборудование и технология свароч. пр-ва; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. - 37,[1] с. ил.

#### *в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. «Сварочное производство», науч.-техн. и произв. журн. Изд.центр "Технология машиностроения" (Фонды библиотеки ЮУрГУ 1955-1969 № 1-12; 1970 № 2, 3, 5-10, 12; 1971-1979 № 1-12; 1980 № 1-10, 12; 1981-1991 № 1-12; 1992 № 1-8, 11; 1993 № 1-6, 8-12; 1994-2000 № 1-12; 2001 № 1, 3-12; 2002-2012 № 1-12; 2013 № 1-6).

#### *г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Рыбин В.С. Физико-химические и металлургические процессы при сварке: учебное пособие – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 74 с.

#### *из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Рыбин В.С. Физико-химические и металлургические процессы при сварке: учебное пособие – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 74 с.

## Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Дедюх, Р.И. Теория сварочных процессов. Физические и технологические свойства электросварочной дуги. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2013. — 118 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/45134">http://e.lanbook.com/book/45134</a> — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	216а(тк) (Т.к.)	Компьютер, проектор